

*Czesław Lipski, Ryszard Kostuch, Marek Ryczek*

**CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA  
GÓRNEJ CZĘŚCI ZLEWNI SOŁY  
NA TLE WARUNKÓW FIZJOGRAFICZNYCH,  
KLIMATU I UŻYTKOWANIA**

**Streszczenie**

Przedmiotem opracowania była zlewnia cząstkowa (część źródłowa) rzeki Soły, na której dokonano szczegółowych pomiarów ombrometrycznych, fizjograficznych i hydrologicznych w przekroju hydrometrycznym, zamykającym zlewnię o powierzchni 37,525 km<sup>2</sup>. Ponadto scharakteryzowano wpływ użytkowania powierzchni, stosunki opadowe i spadki na wielkość przepływu w przekroju hydrometrycznym.

**Słowa kluczowe:** fizjografia, użytkowanie zlewni, hydrologia zlewni

**WSTĘP**

Sposób zagospodarowania zlewni wynika w dużym stopniu z ukształtowania terenu i wiąże się ściśle z warunkami klimatycznoglebowymi. Dla zachowania środowiska naturalnego, problem zagospodarowania jak i użytkowania zlewni jest bardzo ważny, gdyż wpływa w istotny sposób na ilość i jakość wód powierzchniowych i podziemnych odpływających ze zlewni [Kluz 1913; Lipski, Kostuch 1996; Lipski 1996].

Celem pracy jest określenie wpływu czynników fizjograficznych na parametry hydrologiczne zlewni górnej Soły do przekroju hydrometrycznego, w miejscowości Sól.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w latach 1977–1978 na obszarze górnej części Soły o powierzchni 37,525 km<sup>2</sup>. Dobowe przepływy określano z krzywej konsumcyjnej, na podstawie obserwacji stanów wody na wodowskazie. Została ona sporządzona na podstawie pomiarów prędkości wody młynkiem hydrometrycznym i pomiarem przekroju hydrometrycznego. Ponadto rejestrowano codzienne opady na zamontowanych w tym celu deszczomierzach. Pomiar wydajności źródeł mierzono naczyniem kalibrowanym.

## POŁOŻENIE ZLEWNI SOŁY

Zlewnia Soły położona jest w całości w karpackiej krainie przyrodniczo-leśnej na granicy dwóch dzielnic tj. Beskidu Śląskiego od zachodu i północy oraz Beskidu Wysokiego, a właściwie jego najbardziej wysuniętej na zachód części, Beskidu Żywieckiego od południa i południowego zachodu. Granicę zlewni stanowią od zachodu granica państwa, od północy gościniec Istebniański od Koniakowa po Kasperki, od wschodu Góra Kiczora, od południa Góra Rachowiec.

Powierzchnia zlewni wynosi 37,525 km<sup>2</sup> i jest zamknięta przekrojem hydrometrycznym w miejscowości Sól. Na rys. przedstawiono podział zlewni na mikrozlewnie.



**Rysunek 1.** Mapa zlewni Soły. Podział na mikrozlewnie

## CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH I FIZJOGRAFICZNYCH

W tabeli 1 przedstawiono wybrane parametry fizjograficzne zlewni Soły. Gęstość sieci hydrograficznej wynosi  $2,01 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ , stoczystość zlewni wynosi 18,33%. Średnia wysokość zlewni to 670 m npm. Zlewnia posiada stopień lesistości 46,5%, a wskaźnik rozwinięcia lesistości 0,509.

**Tabela 1.** Parametry fizjograficzne zlewni

Parametr	Wielkość
gęstość sieci hydrograficznej – g	$2,01 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$
stoczystość zlewni - $I_s$	18,33 %
średnia wysokość - $H_s$	670 m npm
stopień lesistości – L	46,5 %
wskaźnik rozwinięcia lesistości – E	0,509

W badanej zlewni przeważają spadki o nachyleniu między 20–30 % (32,09%) oraz 10–20 % (22,21%). Najmniej jest spadków o nachyleniu 3–6 % (6,29%) i 0–3% (9,18%). Średni spadek powierzchni zlewni Soły wynosi 18,33% (tab. 2).

**Tabela 2.** Rozkład spadków w zlewni Soły

Przedział spadków [%]	Powierzchnia [ $\text{km}^2$ ]	Procentowy udział spadków
0–3	3,446	9,18
3–6	2,362	6,29
6–10	4,292	11,44
10–20	8,333	22,21
20–30	12,040	32,09
>30	7,052	18,79
	37,525	100,00

W zlewni Soły przeważają gleby brunatne wyługowane i kwaśne, utworzone ze zwietrzenia materiału fliszowego kredowego i trzeciorzędowego. Są one ubogie w składniki mineralne i odwapnione. W wierzchnich poziomach przeważają gliny średnie i ciężkie. W poziomach głębszych skład granulometryczny jest bardziej zróżnicowany, występują gliny, iły i pyły, rzadziej piaski [Dolnański 1949].

Klimat górnej części zlewni Soły zaliczany jest do klimatu górskiego, charakteryzującego się znaczną ilością opadów. Opad średni

roczny wynosi 1031,3 mm. Najwięcej opadów występuje w miesiącach letnich: w czerwcu i lipcu, a najmniej w październiku. Dni deszczowych jest około 140 w ciągu roku, ze śniegiem 60. Trwała pokrywa śnieżna zalega od grudnia i trwa od 120 do 150 dni. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 5,2 °C. Miesiącem najcieplejszym jest lipiec (średnia temp. +15°C) a najzimniejszym styczeń (średnia temp. -5,7°C). Temperatura średnia poniżej 0°C występuje w miesiącach styczeń, luty. Okres wegetacyjny trwa 150 do 170 dni. Okres ze średnią temperaturą poniżej 0°C trwa od 110 do 120 dni.

Według Hessa [1965] można wyróżnić trzy piętra klimatyczne:

- piętro umiarkowanie ciepłe do wysokości 600 m npm.
- piętro umiarkowanie chłodne do wysokości 1000 m npm,
- piętro chłodne do wysokości 1700 m npm

### UŻYTKOWANIE ZLEWNI SOŁY

W użytkowaniu zlewni (tab. 3) przeważają lasy (46,52%) i grunty orne (34,83%). Najmniej jest użytków zielonych (18,65%).

**Tabela 3.** Użytkowanie zlewni Soły

Rodzaj użytku	Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	Udział użytków [%]
lasy	17,455	46,52
grunty orne	13,070	34,83
użytki zielone	7,00	18,65
	37,525	100,00

W strukturze drzewostanu (tab. 4) przeważa świerk (44,0%). Stanowi on gatunek panujący. Zajmuje siedliska lasu mieszanego górskiego i lasu górskiego. Został on sztucznie wprowadzony w miejsce dawnych drzewostanów bukowych i jodłowo-bukowych, charakterystycznych dla dolnej strefy regla dolnego (600–800 m n.p.m.). Część drzewostanów świerkowych jest pochodzenia naturalnego. Występują one na warstwach piaskowca istebniańskiego (np. znany rezerwat świerka istebniańskiego) położony na terenie zlewni. Większość jednak drzewostanów świerkowych jest niewłaściwego pochodzenia, stanowią one monokultury jednowiekowe, co wpływa bardzo niekorzystnie na stosunki wodne [Dębski 1971].

**Tabela 4.** Udział gatunków drzew

Gatunki drzew	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Udział w całej zlewni [%]
świerk ( <i>Picea excelsa</i> )	16,535	44,0
jodła ( <i>Abies alba</i> )	0,265	1,0
buk ( <i>Fagus sylvatica</i> )	0,655	1,5
	17,455	46,5

J o d ł a (*Abies alba*) na terenie zlewni tworzy zaledwie trzy zwarte drzewostany (do 10%) w otaczających drzewostanach świerkowych. Jodła powinna w większym stopniu zastąpić drzewostany świerkowe.

B u k (*Fagus sylvatica*) tworzy cztery większe skupienia na terenie zlewni badawczej. Występuje także (do 10%) w otaczających drzewostanach świerkowych. Buk podobnie jak jodła powinien powrócić na siedliska, które niegdyś zajmował.

Miernikiem rozmieszczenia lasów w zlewni jest wskaźnik rozwinięcia lesistości „E”, który według Lambora wynosi  $E = 0,509$  i jest niekorzystny dla przepływów wód w ciekach badanej zlewni [Lambor 1954].

## WYNIKI BADAŃ HYDROLOGICZNYCH

### *Wody powierzchniowe*

Największy średni miesięczny przepływ zanotowano w marcu, wyniósł on  $5,950 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (tab. 5), w pozostałych miesiącach średnie miesięczne przepływy kształtowały się w zakresie  $0,346$  i  $2,019 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Największy dobowy przepływ wystąpił w marcu –  $14,70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , natomiast najniższy w listopadzie –  $0,141 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Średni spływ jednostkowy wyniósł w badanym okresie  $158,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  i wystąpił w marcu. Maksymalny spływ jednostkowy miał miejsce w listopadzie –  $196,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Minimalny zanotowano w styczniu –  $8,31 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Średni wskaźnik odpływu w badanej zlewni wynosi  $14,36 \text{ mm}$  i występuje w miesiącu marcu. Maksymalny wyniósł  $33,84 \text{ mm}$  i wystąpił w marcu, minimalny zaś  $0,72 \text{ mm}$  i wystąpił w styczniu.

### *Wody podziemne*

Rozmieszczenie źródeł na badanym terenie jest nierównomierne. Większość z nich znajduje się powyżej prawej części dorzecza i daje początek licznie występującym tu potokom. Występują one przeważnie na wysokościach  $700\text{--}900 \text{ m n.p.m.}$  Lewa strona zlewni charakte-

ryzuje się rzadkim występowaniem źródeł, przeważnie powyżej 700 m n.p.m. Występujące tu źródła szczelinowe charakteryzują się większą wydajnością. Źródła występujące w obrębie warstw krośnieńskich, typu szczelinowego, posiadają stałą temperaturę i wydajności od 0,1 do 1,5 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Obszarem infiltrującym są warstwy magurskie i podmagurskie, silnie spękane, sprzyjają ruchowi wód w głąb warstw skalnych. Wody te na powierzchnie wydobywają się w postaci źródeł. Charakteryzują się stałą temperaturą i niewielką wydajnością. Źródła warstwowo-zwierzelinowe. Charakteryzują się małą wydajnością od 0,1 do 1,0 dm<sup>3</sup>. Występują w obrębie osuwisk. Termiczne różnice są znaczne dochodzą do 10–14°C. Młaki i wysięki występują bardzo licznie na całym terenie, dają często początek ciekom pokaźnej wielkości [Pawlik-Dobrowolski 1972].

**Tabela 5.** Sumy miesięczne opadów i średnie miesięczne wielkości przepływów, jednostkowych odpływów i wskaźników odpływów

Para- metr	Miesiące											
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
P	132,7	77,1	44,2	18,4	47,5	80,3	54,7	124,0	65,9	100,8	141,0	104,2
Q <sub>s</sub>	1,340	0,426	0,346	0,430	5,950	1,180	1,322	0,657	0,760	0,550	2,019	0,679
Q <sub>max</sub>	7,380	0,482	0,361	1,141	14,70	5,250	2,620	2,150	2,150	0,730	8,140	1,030
Q <sub>min</sub>	0,141	0,352	0,343	0,352	0,730	0,470	0,503	0,330	0,342	0,405	0,470	0,458
q <sub>s</sub>	32,95	11,35	9,24	11,47	158,8	31,14	35,25	18,13	20,26	14,69	53,32	18,23
q <sub>max</sub>	196,6	12,84	9,38	30,41	391,7	139,6	69,82	41,57	57,29	19,45	216,9	29,31
q <sub>min</sub>	10,79	9,38	8,31	9,38	18,44	12,52	13,40	8,79	9,11	10,79	12,52	12,20
η <sub>s</sub>	3,06	0,98	0,80	0,98	14,36	2,72	3,11	0,47	1,74	1,25	4,58	1,56
η <sub>max</sub>	16,99	1,11	0,83	0,91	33,84	12,08	5,66	3,21	4,95	1,59	18,74	2,53
η <sub>min</sub>	0,93	0,81	0,72	0,81	1,68	1,08	1,29	0,76	0,83	0,93	1,08	1,05

Oznaczenia:

P – opad [mm], Q<sub>s</sub> – przepływ średni w miesiącu [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>], Q<sub>max</sub> - przepływ maksymalny [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>], Q<sub>min</sub> - przepływ minimalny [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>], q<sub>s</sub> - spływ jednostkowy średni [dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>], q<sub>max</sub> - spływ jednostkowy maksymalny [dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>], q<sub>min</sub> - spływ jednostkowy minimalny [dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>], η<sub>s</sub> -średni wskaźnik odpływu [mm], η<sub>max</sub> - maksymalny wskaźnik odpływu [mm], η<sub>min</sub> - minimalny wskaźnik odpływu [mm]

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Rozpoznanie obszaru badań pozwala stwierdzić, że uzyskane w pracy parametry fizjograficzne wywierają ewidentny wpływ na wielkość spływu powierzchniowego, odpływu i przepływu oraz umożliwiają określenie wskaźnika odpływu. Uzyskane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Badana zlewnia jest mocno urzeźbiona. Najwięcej spadków występuje w przedziale 20–30%. Ich udział w powierzchni zlewni wynosi 32,09%. Spadki w przedziałach 3–6% zajmują najmniejszą powierzchnię w zlewni. Ich udział to 6,29%. Stoczystość zlewni wynosi:  $\varepsilon = 18,33\%$ .

2. W strukturze użytkowania dominują powierzchnie zalesione, zajmując w zlewni 46,52% powierzchni, a w nich największy procent stanowi świerk (44,0%), który występuje tu niezgodnie z siedliskiem, został sztucznie wprowadzony w miejsce dawnych drzewostanów bukowych i jodłowo-bukowych.

3. Średni roczny przepływ w przekroju hydrometrycznym, zamykający zlewnie o powierzchni 37,525 km<sup>2</sup> wyniósł w badanym okresie 1,303 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, średni zimowy 1,61 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> i letni 0,997 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>.

4. Średni roczny spływ jednostkowy w badanym okresie wyniósł 34,57 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>, średni zimowy równa się 42,50 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> i letni 26,64 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>.

5. Średni roczny wskaźnik odpływu dla badanej zlewni wyniósł 2,96 mm, średni zimowy 3,81 mm a letni 2,11 mm.

## BIBLIOGRAFIA

- Dębski K. Wpływ lasu na stosunki hydrograficzne. Wiadomości Służby Meteorologicznej, t. II, z. 4, 5, 1971.
- Dolnański B. Gleby województwa krakowskiego. UMCS, t. IV, Lublin, 1949.
- Hess M. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. Nauk. UJ, Prace Geograficzne, z. 12, 1965.
- Kluz T. Wpływ lokalnych warunków na odpływ w wybranych zlewniach górskich. Zesz. Nauk. WSR Kraków, z. 3, 4, 1913.
- Lambor J. Rola lasów w sterowaniu fali powodziowej. Gosp. Wodna nr 10, 1954
- Lipski C., Kostuch R. Wpływ użytkowania powierzchni na ochronę gleb przed erozją w terenach górskich. Konf. Naukowa, 1996.
- Lipski C. Wpływ działalności człowieka na zmianę procesów hydrologicznych transportu rumowiska. Mat. Konf. IMGW, Kraków 1996.
- Pawlik-Dobrowolski J. Uźródłowienie południowej Polski. Zesz. Nauk. UJ, z. XVII, Prace Geogr., 1972.

prof. dr hab. Czesław Lipski, prof. dr hab. Ryszard Kostuch  
Katedra Ekologicznych Podstaw Inżynierii Środowiska, Akademia Rolnicza  
31-409 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28

dr Marek Ryczek  
Katedra Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk, Akademia Rolnicza  
31-409 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28

Recenzent: *dr hab. Artur Radecki-Pawlik*

*Czesław Lipski, Ryszard Kostuch, Marek Ryczek*

**HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE UPPER PART  
OF THE SOŁA RIVER BASIN AGAINST THE BACKGROUND  
OF PHYSIOGRAPHICAL CONDITIONS, CLIMATE AND USE**

**SUMMARY**

In the work there were presented results of investigations carried out in the framework of the research problem 09.10.04.04.03 concerning hydrological characteristics in the upper Soła river against the background of physiographical conditions, climate and use. Apart from physiographical characteristics the results of annual discharges measurements amounting  $1,303 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  at hydrometrical section closing the basin of an area of  $37,525 \text{ km}^2$ , unitary runoff amounting  $57 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  and runoff indicators  $2,96 \text{ mm}$ .

**Key words:** physiography, use, hydrology of basin